



特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類⁴C21D 8/02, 8/06, 9/52
C21D 11/00, B21B 45/02

A1

(11) 国際公開番号

WO 90/15885

(43) 国際公開日

1990年12月27日 (27. 12. 1990)

(21) 国際出願番号

PCT/JP89/00603

(22) 国際出願日

1989年6月16日 (16. 06. 89)

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

川崎製鉄株式会社

(KAWASAKI STEEL CORPORATION) [JP/JP]

〒651 兵庫県神戸市中央区北本町通一丁目1番28号 Hyogo, (JP)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)

八尋和広 (YAHIRO, Kazuhiro) [JP/JP]

〒712 岡山県倉敷市水島川崎通一丁目

川崎製鉄株式会社 水島製鉄所内 Okayama, (JP)

(74) 代理人

弁理士 高矢 諭, 外 (TAKAYA, Satoshi et al.)

〒160 東京都新宿区西新宿一丁目12番11号 山銀ビル

Tokyo, (JP)

(81) 指定国

DE (欧州特許)*, FR (欧州特許), GB (欧州特許), KR,

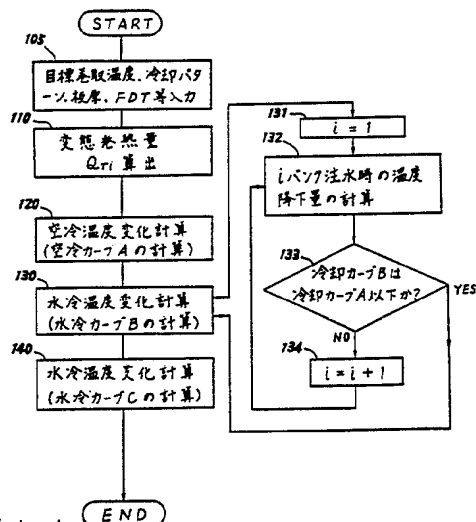
SE (欧州特許), US.

添付公開書類

国際調査報告書

(54) Title: STEEL MATERIAL COOLING CONTROL METHOD

(54) 発明の名称 鋼材の冷却制御方法



(57) Abstract

When a steel material is cooled with a cooling belt, the temperature of the steel material is estimated based on the progress of transformation (variation of the transformation heat generation quantity relative with the variation with the lapse of time of the transformation rate) of the steel material, and the quantity of a cooling medium is determined on the basis of the estimated temperature of the steel material, the temperature of the steel material on a predetermined position on a production line or at a predetermined time thereon being controlled to a predetermined target level.

105 ... Input a target take-up temperature, a cooling pattern, the thickness of a steel plate and FDT,

110 ... Calculate a transformation heat generation quantity Q_{ti} ,

120 ... Calculate the air cooling temperature variation (Calculate a air cooling curve A.),

130 ... Calculate the water cooling temperature variation (Calculate a water cooling curve B.),

140 ... Calculate the water cooling temperature variation (Calculate a water cooling curve C.),

132 ... Calculate the quantity of decrease of the temperature at the i bank water pouring time,

133 ... Is the cooling curve B not higher than the cooling curve A?

(57) 要約

鋼材を冷却帯で冷却する際に、該鋼材の変態の進行状態（変態率の時間変化に応じた変態発熱量の変化）を考慮して鋼材の温度を推定し、この推定した鋼材温度に基づいて、冷却媒体の量を決定して、ライン上の所定位置あるいは所定時間における鋼材の温度を所定の目標温度に制御する。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AT オーストリア	ES スペイン	MG マダガスカル
AU オーストラリア	FI フィンランド	ML マリ
BB バルバードス	FR フランス	MR モーリタニア
BE ベルギー	GA ガボン	MW マラウイ
BF ブルキナ・ファソ	GB イギリス	NL オランダ
BG ブルガリア	GR ギリシャ	NO ノルウェー
BJ ベナン	HU ハンガリー	PL ポーランド
BR ブラジル	IT イタリア	RO ルーマニア
CA カナダ	JP 日本	SD スーダン
CF 中央アフリカ共和国	KP 朝鮮民主主義人民共和国	SE スウェーデン
CG コンゴ	KR 大韓民国	SN セネガル
CH スイス	LI リヒテンシュタイン	SU ソビエト連邦
CM カメルーン	LK スリランカ	TD チャード
DE 西ドイツ	LU ルクセンブルグ	TG トーゴ
DK デンマーク	MC モナコ	US 米国

明 細 書

鋼材の冷却制御方法

技術分野

本発明は、鋼材の冷却制御方法に係り、特に、熱間圧延された鋼材を所定の目標温度に正確に冷却する際に用いるのに好適な、鋼材の冷却制御方法に関する。

背景技術

熱間圧延設備においては、一般に、圧延後の熱延鋼材である鋼帯を巻取機で巻き取ってコイルとしている。このように鋼帯を巻取る際には、巻取りに適した温度まで該鋼帯を冷却する必要があるため、前記熱間圧延設備においては、例えば第5図に示されるような冷却設備Rを利用して前記鋼帯を冷却している。

図に示される熱間圧延設備においては、仕上げ圧延機1で圧延され、送り出されてきた鋼帯Sは、ランアウトテーブル（図示省略）上を、図中矢印A方向に走行して巻取機6に巻取られる。このランアウトテーブルに沿って、前記鋼帯Sを巻取りに適した温度まで冷却するため冷却設備Rが配置されている。又、この冷却設備Rの入側には冷却すべき鋼帯Sの温度を測定するための入側温度計2が、反対に冷却設備Rの出側には冷却された鋼帯Sの温度を測定するための出側温度計5が配置されている。

図のように、前記冷却設備 R は、ランアウトテーブルを挟んで上下に分かれて配置されていると共に、分かれた上下の部分にそれぞれ、鋼帯 S を注水により冷却する水冷部 3 及び空冷部 4 を有している。この空冷部 4 は水冷部 3 が各ヘツダからの注水を停止した状態のものである。該冷却設備 R の上下の水冷部 3、空冷部 4 は、図中符号 1 ～ N で示すように、N 個の冷却バンクに分割されており、各冷却バンク別に前記鋼帯 S に対する冷却能力を制御できるようになっている。

前記冷却設備 R を使用した鋼帯 S の冷却の制御は、冷却設備 R をランアウトテーブルに沿って 1 以上の冷却バンクを有する複数の冷却ゾーンに分け、該鋼帯 S の走行に合わせて各冷却バンクから鋼帯 S に供給する冷却媒体（冷却水）の供給量を制御して各冷却ゾーンの冷却能力を制御することにより行う。

前記のようにして冷却設備 R の冷却能力を制御するに際しては、前記各冷却ゾーンにおける鋼帯 S の冷却量即ち温度変化量を推定することが不可欠である。従つて、従来から、鋼帯 S の冷却中の温度を推定し、ひいては冷却制御を精度良く実行しようとする技術について種々提案されている。このような技術の中に、走行中の鋼帯 S の上下両面の熱伝達係数や熱放射率の学習をカルマンフィルタにより決定する技術（特開昭 61-199510 号公報記載）がある。

しかしながら、鋼材は γ 鉄から α 鉄に変態する際、例

えばオーステナイトからマルテンサイトへ変態する際、発熱するものであり、前記公報記載の技術のように、冷却設備の冷却能力を学習して鋼材の温度を推定し冷却を制御するようにしているのでは、前記鋼材の変態による発熱を十分に考慮して温度制御できず、冷却制御の精度が低いものとなるという問題がある。

これに対して、鋼材の変態による発熱を考慮するべく、変態開始時間及び変態時間を考慮して冷却制御を行う技術（第41回ホツトストリップ分科会（1987年）で発表された高炭素鋼熱延の巻取り温度制御に関する参考文献、特開昭57-7312、特開昭58-199613、特開昭58-125312等）が提案されている。

この技術においては、鋼材の変態の進行状況を見せず、変態発熱量が変態開始から時間の経過にかかわらず一定なものとして取扱っており、変態発熱量の総量が変態開始から時間に比例して変化するものと考えている。即ち、この技術においては、変態発熱量 Q_T が、第6図の（A）に示されるように、変態開始からステップ状に変化しているものと考えているのである。

しかしながら、実際の冷却中の鋼材の変態進行状況は、変態率 W で示せば、第6図の（B）に示されるような曲線で変化し、変態発熱量 Q_T はこの変態率 W の時間 T に対する傾きの大きさ（ $\partial W / \partial T$ ）に比例して変化していると考慮されるべきものである。即ち、例えば同図の（B）に示されるように変態率 W が変化する場合、その

傾きの大きさ ($\partial W / \partial T$) は同図の (C) に示されるように変化し、これにより実際の変態発熱量 Q_T は同図の (D) に示されるように変化するものと考えらるべきである。

従つて、前記従来の冷却制御を行う技術においては、鋼材の変態進行状況を見無視して変態発熱量 Q_T を同図の (A) のように想定し、例えば鋼材の変態初期及び変態完了時において同図の (D) のように変化する実際の変態発熱量 Q_T を考慮していないことから、事前測定したデータの精度に推定精度が支配され、測定時の誤差がそのまま冷却制御の誤差となつて温度推定精度が低いものとなり、充分な精度の冷却制御を行うことができないという問題点があつた。

発明の開示

本発明は、従来の問題点を解消するべくなされたもので、冷却する際の鋼材の変態進行状況を考慮して推定した鋼材温度により冷却媒体の量を決定しているため、推定される鋼材温度の誤差がなくなり精度の良い冷却制御を行うことができる鋼材の冷却制御方法を提供することを目的とする。

本発明は、ライン上の所定位置あるいは所定時間における鋼材の温度を所定の目標温度に制御する鋼材の冷却制御方法において、冷却する鋼材の変態の進行状況を考慮して冷却される鋼材の温度を推定し、推定された鋼材温度に基づき、冷却量を決定することにより、前記目的

を達成したものである。

又、前記鋼材温度の推定を、鋼材の冷却時間及び冷却設備の冷却能力から推定した鋼材の温度を、鋼材の冷却による変態の進行状態に応じて補正することにより行うようにしたものである。

又、前記鋼材の変態の進行状況を、該鋼材の変態率の時間変化に応じた変態発熱量の変化により考慮するようにしたものである。

又、前記変態率 W を、冷却時間 t の関数として、次式

$$W = 1 - \exp [A \cdot (t / B)^C]$$

A 、 B 、 C … 鋼材の成分、温度、板厚、冷却パターン毎に決定されるパラメータ

から算出するようにしたものである。

又、前記変態率を、変態率センサを用いて検出するようにしたものである。

又、前記変態率を、変態率センサの出力により学習するようにしたものである。

又、前記冷却設備の冷却能力を、冷却実績、鋼材の搬送速度及び検出温度に応じて学習するようにしたものである。

又、前記冷却量を元に各冷却バンクの注水量及び／又はバンクの稼動数を変化させて冷却するようにしたものである。

又、入側温度、出側温度に基づく冷却カーブの組合せから各温度カーブに従つて、水冷、空冷の組合せから成

る冷却制御を行い、両冷却カーブの交点のある冷却ゾーンにおいて注水する冷却バンク数を変化させ、両冷却カーブを結ぶ冷却カーブに応じて冷却するようにしたものである。

本発明においては、鋼材を冷却する際に、冷却される鋼材の冷却過程における変態の進行状況を考慮して該鋼材の温度を推定し、この推定温度に基づき冷却媒体の量を制御するようにしている。従つて、冷却中における実際の鋼材温度に対する推定される鋼材温度の誤差を大幅に減少し、精度良く冷却媒体の量を制御して所望の温度変化量が得られる冷却を実行することができる。よつて、安定した材質の鋼材を高い生産性の下に製造できる。

なお、前記鋼材の変態の進行状況を、該鋼材の変態率の時間変化に応じた変態発熱量の変化により考慮することとすれば、変態の進行状況を変態発熱量という客観的な数量で把握できるため、鋼材温度の推定が容易となる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明に係る冷却帯の第1実施例の全体構成を示す、一部断面図を含むブロック線図、

第2図は、第1実施例に係る冷却帯で実行する冷却バンク出力パターンの例を示す線図、

第3図は、前記冷却バンク出力パターンを決定するための手順の例を示す流れ図、

第4図は、本発明の第2実施例の全体構成を示す、一部断面図を示すブロック線図、

第 5 図は、従来 of 冷却帯の例を示す断面図、

第 6 図は、従来考えられた変態発熱量、変態率、実際 of 変態発熱量、及び変態率変化 of 関係例を示す線図である。

発明を実施するための最良 of 形態

以下、図面を参照して本発明 of 実施例を詳細に説明する。

本発明 of 第 1 実施例は、第 1 図に示されるような熱間圧延ライン of 冷却帯において、冷却設備 R により熱延鋼材を冷却する際に、本発明方法を実施して制御する装置である。この冷却設備 R は、前出第 5 図に示したものと同様の構成 of のものであり、仕上げ圧延機 1 で圧延成形された鋼帯 S がこの冷却設備 R を通つて巻取機 6 に順次巻取られていくようになつてゐる。又、この冷却設備 R 入側方向に設けられてゐる仕上げ圧延機 1 には、該仕上げ圧延機 1 で圧延され、搬出される鋼帯 S of 搬出速度を検出するための入側速度検出器 10 が設けられてゐる。更に、前記冷却設備 R of 出側方向に設けられてゐる巻取機 6 には、鋼帯 S of 巻取り速度を検出するための出側速度検出器 12 が設けられてゐる。又、前記冷却設備 R of 入側及び出側には入側温度計 2 及び出側温度計 5 が設けられてゐる。

なお、前出第 5 図に示した冷却設備と同様の構成、作用 of のものについては、同様の番号を付し、その詳細な説明は略す。

前記冷却設備 R は、所定数の冷却ゾーンに分け、各冷却ゾーンには少なくとも 1 箇所の冷却バンクが設けられていて、この冷却バンクの冷却媒体供給量（例えば注水量）を制御することにより、各冷却ゾーンにおける鋼帯 S の冷却を制御するようになっている。

又、第 1 図に示す入側温度計 2、入側速度検出器 10 及び出側速度検出器 12 の各検出信号は、冷却バンク出力パターン決定部 14 に入力されるようになっている。この冷却バンク出力パターン決定部 14 は、入力された入側温度、鋼帯 S の搬送速度、巻取り速度及び予め設定された鋼帯 S の目標温度や板厚等から、冷却時間 t に対して所望される鋼帯 S の温度低下を得るべく、各冷却バンクの冷却能力を前記冷却時間 t に応じて制御するパターン（以下、冷却バンクパターンという）を演算により決定するものである。決定された冷却バンクパターンは冷却バンク開閉入出力部 16 に入力される。この冷却バンク開閉入出力部 16 は各冷却バンクの冷却能力を、入力された冷却バンクパターンに応じて制御するものである。

このバンク開閉入出力部 16 により制御された冷却設備 R の各バンクにおける注水の冷却実績は学習制御部 18 に入力されるようになっている。又、この学習制御部 18 には、入側速度検出器 10、出側速度検出器 12、入側温度計 2、及び出側温度計 5 の検出信号が入力されるようになつていて、入力された前記冷却実績及び検出

信号から前記冷却設備 R の冷却能力を学習するものである。

以下、第 1 実施例の作用を説明する。

この実施例においては、冷却設備 R の冷却バンクパターンを決定する際に、鋼帯 S の冷却時間及び冷却設備 R の冷却能力から、所定時間経過した鋼帯 S の温度変化を推定すると同時に、該鋼帯 S の冷却による変態の進行状況に応じて、例えば鋼帯 S の変態発熱量を算出し、推定される鋼帯 S の温度変化の誤差を算出された変態発熱量で補正し、補正された温度変化量が得られるように冷却を制御する。

まず、前記鋼帯 S の変態の進行状況の求め方を説明する。

冷却中の鋼帯 S の変態率 W は、冷却時間 t の関数として次式 (1) から算出できる。

$$W = 1 - \exp [A \cdot (t / B)^C] \dots (1)$$

ここで、A、B、C は鋼帯 S の成分、温度、板厚、冷却パターン毎に決定されるパラメータであり、A は変態率算出用パラメータ、B、C は学習係数を示す。この変態率 W の推定は、冷却設備内に複数個設置した変態率センサの信号を元に学習させ、学習係数を補正することで精度を高めることができる。

なお、変態率センサとは、励磁コイルと磁気測定素子の組合せからなるセンサであり、例えば透磁率変化で相変態の測定を行い、変態率を検出するものである。

前出(1)式で時間に対する鋼帯S中の変態の進行状況を知ることができる。なお、鋼帯S中の変態の進行状況を知る手段は(1)式の関係を利用するものに限定されず、別体の変態率センサを設けても良い。

ここで、前記所定数の冷却ゾーンを有する冷却設備Rにおいて、その入側から第i番目の冷却ゾーンまでの冷却時間を t_i とすれば、該第i番目の冷却ゾーン内における冷却時間 $\Delta t_i (= t_i - t_{i-1})$ と(1)式の関係から、第i番目の冷却ゾーン内の変態率変化量 $\Delta W_i (= W_i - W_{i-1})$ を算出できる。

この変態率変化量 ΔW_i が与えられたときの、第iゾーンにおける鋼帯Sの変態発熱量 Q_{Ti} は、次式(2)によつて算出できる。

$$Q_{Ti} = H * \Delta W_i \quad \dots \dots (2)$$

但し、Hは鋼帯Sの変態潜熱(鋼帯Sの成分、鋼種、温度毎に決定できる物理量)である。

従つて、まず、この(2)式によつて、鋼帯Sを入側温度 FDT から目標温度 CT まで冷却する際の、各冷却ゾーン内における変態発熱量 Q_{Ti} を演算により求め、次いで求められた変態発熱量 Q_{Ti} で鋼帯Sの冷却時間及び冷却設備Rの能力から推定される鋼帯Sの温度変化を補正すれば、鋼帯Sの各冷却ゾーンにおける正確な温度変化を推定することができる。

よつて、このようにして推定された温度変化を各冷却ゾーンで実現するように、次式(3)に示す第i番目の

1 1

冷却ゾーンにおける水冷時の温度変化量 ΔT_{iw} 、同じく (4) 式に示す空冷時の温度変化量 ΔT_{ia} の温度モデル式を用いて各冷却ゾーン内の注水バンク数を決定する。これにより、変態発熱量 Q_{Ti} 、ひいては変態の進行状況を考慮して鋼帯 S に所望の温度変化を与えるように冷却を制御することができる。

$$\begin{aligned} \Delta T_{iw} = & \left\{ 1 / C_P \cdot \rho \cdot h \cdot \int_{t_{i-1}}^{t_i} \alpha_{ui} \right. \\ & \times (T_i - T_w) dt \} \\ & + \left\{ 1 / C_P \cdot \rho \cdot h \cdot \int_{t_{i-1}}^{t_i} \alpha_{di} \right. \\ & \times (T_i - T_w) dt \} \\ & + Q_{Ti} / (C_P \cdot \rho) \quad \dots (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_{ia} = & 1 / C_P \cdot \rho \cdot h \\ & \times \int_{t_{i-1}}^{t_i} \left\{ C \cdot [(T_{air} + 273)^4 \right. \\ & / 100^4 + (T_i + 273)^4 \\ & / 100^4] \\ & - \alpha_{ROLL} \cdot (T_i - T_w) dt \} \\ & + Q_{Ti} / (C_P \cdot \rho) \quad \dots (4) \end{aligned}$$

但し、 C_P は比熱、 ρ は比重、 α_{ui} は上部側冷却バンクの冷却能係数、 α_{di} は下部側冷却バンクの冷却能係数、 T_i は第 i 番目冷却ゾーン入側における鋼帯 S の温度、 T_w は冷却水温度、 C_i は輻射定数、 α_{ROLL} は伝熱係数 (ロールに対するもの)、 T_{air} は空気温度である。

ここで、第 2 図に、冷却バンクパターンを示す。この冷却バンクパターンを、冷却設備 R で鋼帯 S を入側温度

1 2

F D T から目標温度 C T まで冷却する際の、各冷却バンクで鋼帯 S に実現すべき温度変化の目標とする。なお、図中符号 A は空冷による温度変化カーブ（以下、空冷カーブ A という）を示しており、又、符号 B は水冷による温度変化カーブ（以下、水冷カーブ B という）を示している。実施例の場合、冷却設備 R は入側付近の所定の冷却ゾーンまで水冷を行い、出側方向では空冷を行っているため、前記水冷カーブ B は入側温度 F D T を通り、空冷カーブ A は目標温度 C T を通るようになる。

前記水冷カーブ B は、1 番目の冷却バンクから順に注水バルブを開として、各冷却ゾーンを動作状態とし、第 i 番目の冷却ゾーンまで動作状態とした際の温度変化量 ΔT_{iw} を（3）式を用いて求めることにより得られる。この際、変態発熱量 Q_{Ti} を考慮するため、求められた温度変化量 ΔT_{iw} を（2）式で算出される変態発熱量 Q_{Ti} で補正する。同様に、空冷カーブ A は、（4）式を用いて算出される温度変化量 ΔT_a を前記変態発熱量 Q_{Ti} で補正することにより得ることができる。なお、図中符号 Q_T で示す斜線部分が、変態発熱量 Q_T による鋼帯 S の温度上昇に相当し、各冷却カーブ A、B を補正する部分である。

前記水冷カーブ B 及び空冷カーブ A の交点のある冷却ゾーン（以下、この冷却ゾーンを第 m 番目のものとする）においては、鋼帯 S の温度を滑かに T_m から T_{m+1} に変化させるべく、図中符号 C で示す冷却カーブ（以下、

1 3

水冷カーブCという)を達成する必要がある。そこで、前記交点のある第 n 番目の冷却ゾーンにおいては、水冷カーブCに応じて冷却バンクの冷却能を調整する。この冷却能の調整は、当該冷却ゾーンにおいて注水する冷却バンク数を変化させることにより行う。

次に、冷却バンク出力パターン決定部14で行う、第2図に示した冷却バンクパターンの決定の手順について、第3図に示す流れ図に基づき説明する。

即ち、始動後、まずステップ105で、目標温度 C_T 、各バンクの冷却パターン、入側温度 FDT 、入側速度、出側速度及び鋼帯Sの板厚等の情報を入力する。次いでステップ110で、冷却中の鋼帯Sの変態発熱量 Q_{Ti} を(2)式により算出する。

次いでステップ120で、前記目標温度 C_T を通る空冷カーブAを決定するため、各冷却バンク毎の空冷による温度変化量 ΔT_{ia} を(4)式から算出する。

そして、ステップ130に進み、水冷カーブBを決定するための各冷却バンク毎の水冷による温度変化量 ΔT_{iw} を算出する。この温度変化量 ΔT_{iw} の算出は、1番目の冷却ゾーンから順に始め、計算結果から得られる水冷カーブBが前記算出された空冷カーブAよりも小さくなるまで継続して行うが、詳しくは以下の手順によって行う。

即ち、ステップ131で温度変化量 ΔT_{iw} の計算される冷却ゾーンを順に設定し、ステップ132で、設定

1 4

された冷却バンクまでの温度変化量 ΔT_{iw} の合計を計算し、ステップ 1 3 3 で合計された温度変化量を入側温度 FDT から減じた値即ち水冷カーブ B の値が空冷カーブ A の値よりも小さいか否かを判定する。判定結果が否、即ち水冷カーブ B の値が空冷カーブ A の値よりも大きいと判断された場合はステップ 1 3 4 に進んで冷却ゾーンの番号 i を 1 増加させ ($i = i + 1$)、ステップ 1 3 2 に戻つて、1 つ進められた番号の、即ち第 $i + 1$ 番目の冷却ゾーンまでの温度変化量 ΔT_{iw} の合計を算出して該冷却ゾーンにおける水冷カーブ B の値を求め、その結果からステップ 1 3 3 の判定を再度行う。

一方、ステップ 1 3 3 の判定結果が正、即ち冷却カーブ B の値が冷却カーブ A の値以下と判断されたならば、ステップ 1 4 0 に進む。なお、この判定結果が正となる冷却ゾーンが第 n 番目のものとする。従つて、この第 n 番目のゾーンに至るまでは水冷カーブ B の値を算出していくこととなる。

このステップ 1 4 0 では、前記第 n 番目の冷却ゾーンの冷却制御を、鋼帯 S が水冷カーブ C に従つて温度変化するように行うべく、この冷却ゾーン入側で T_m であつた鋼帯 S の温度をその出側で空冷カーブ A の温度 T_{m+i} にできる注水量が得られる、注水するバンク数を演算により決定する。このステップ 1 4 0 の演算の終了により冷却バンク出力パターンが決定する。

上記のようにして冷却バンク出力パターン決定部 1 4

1 5

で決定された、第2図のような冷却バンク出力パターンは、冷却バンク開閉入出力部16に入力される。この冷却バンク開閉入出力部16は、入力された冷却バンク出力パターンに従って各冷却バンクの注水制御を行うと共に、各冷却バンクにおける注水実績を学習制御部18に入力する。

この学習制御部18は、入力された注水実績や鋼帯Sの入側速度、出側速度、入側温度及び出側温度等を学習しており、この学習された値を基に次回の冷却制御の際に最適な冷却バンク出力パターンを決定するためのデータを前記バンク出力パターン決定部14に供給する。

又、第4図に示す第2実施例のように、冷却設備R内に複数の変態率センサ20を設置して、各変態率センサ20の信号を元に変態率を変態率演算装置22で求め、第1実施例と同様の学習制御部18に入力させ、前述の(1)式で用いる学習係数の算出補正を行うこともできる。

今、冷却設備R内に複数個設置した変態率センサ20の信号から、冷却過程中的実績変態率 \bar{W}_i 、 \bar{W}_j が得られたとすると、(1)式から、変態率算出用学習係数B、Cはそれぞれ次のように表わされる。

$$C' = \frac{\ln(\ln \bar{W}_i / \ln \bar{W}_j)}{\ln(t_i / t_j)} \quad \dots (5)$$

$$B' = t_i \{ (1/A) \ln \bar{W}_i \}^{-1/C'} \quad \dots (6)$$

ここで、 W_i : センサ i における変態率

t_i : センサ j までの冷却時間

B' 、 C' : 実績値より算出した変態率算出用学習係数

次いで、変態率算出用学習係数 B 、 C を次式 (7)、(8) によつて算出する。

$$B = (1 - G) * B + G * B' \quad \dots (7)$$

$$C = (1 - G) * C + G * C' \quad \dots (8)$$

ここで、 G は重み係数である。

このようにして求めた、学習係数 B 、 C によつて (1) 式を使い、変態の進行状況を補正することができる。

以上のようにして、変態の進行状況を鋼帯 S の変態発熱量により考慮して、該鋼帯 S の最適な冷却制御を行うことができる。

なお、前記実施例においては、いずれも、第2図に示されるような冷却バンク出力パターン、即ち、冷却装置入側から水冷を行う冷却パターンを示したが、本発明を実施する際は図の冷却バンク出力パターンを目標として冷却することに限定されず、他の冷却バンク出力パターンで本発明を実施することができる。即ち、冷却条件に応じて、例えば目標温度 C_T に水冷カーブ B が、入側温度 FDT に空冷カーブ A が至るように冷却バンク出力パターンを作成することによつて、冷却設備 R の前半で空冷を、又、後半で水冷を行う冷却パターンを得ることができる。又、各冷却ゾーンにおける冷却制御については各冷却バンクの注水、注水停止により冷却パターンを決

17

定するのみに限定されず、各バンクの注水量、空冷を連続的に制御することで他の任意の冷却パターンを得ることができる。

又、前記実施例においては、いずれも、熱間圧延ラインにおける鋼帯の冷却設備装置について例示したが、本発明を実施するライン及び鋼材はこれらのものに限定されず、例えば厚板、線材、条鋼等の鋼材を熱間加工後に冷却する際に本発明を実施することができる。

産業上の利用可能性

本発明は、特に、熱間圧延設備の冷却帯において、熱間圧延後の鋼材を、巻取りに適した温度まで冷却する際に用いるのに好適である。

18

請求の範囲

1. ライン上の所定位置あるいは所定時間における鋼材の温度を所定の目標温度に制御する鋼材の冷却制御方法において、

冷却する鋼材の変態の進行状況を考慮して冷却される鋼材の温度を推定し、

推定された鋼材温度に基づき、冷却量を決定することを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

2. 請求項1において、前記鋼材温度の推定を、鋼材の冷却時間及び冷却設備の冷却能力から推定した鋼材の温度を、鋼材の冷却による変態の進行状態に応じて補正することによつて行うことを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

3. 請求項1において、前記鋼材の変態の進行状況を、該鋼材の変態率の時間変化に応じた変態発熱量の変化により考慮することを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

4. 請求項3において、前記変態率 W を、冷却時間 t の関数として、次式

$$W = 1 - \exp [A \cdot (t / B)^C]$$

A 、 B 、 C … 鋼材の成分、温度、板厚、冷却パターン毎に決定されるパラメータ

から算出することを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

5. 請求項3において、前記変態率を、変態率センサを用いて検出することを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

6. 請求項3において、前記変態率を、変態率センサの

出力により学習することを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

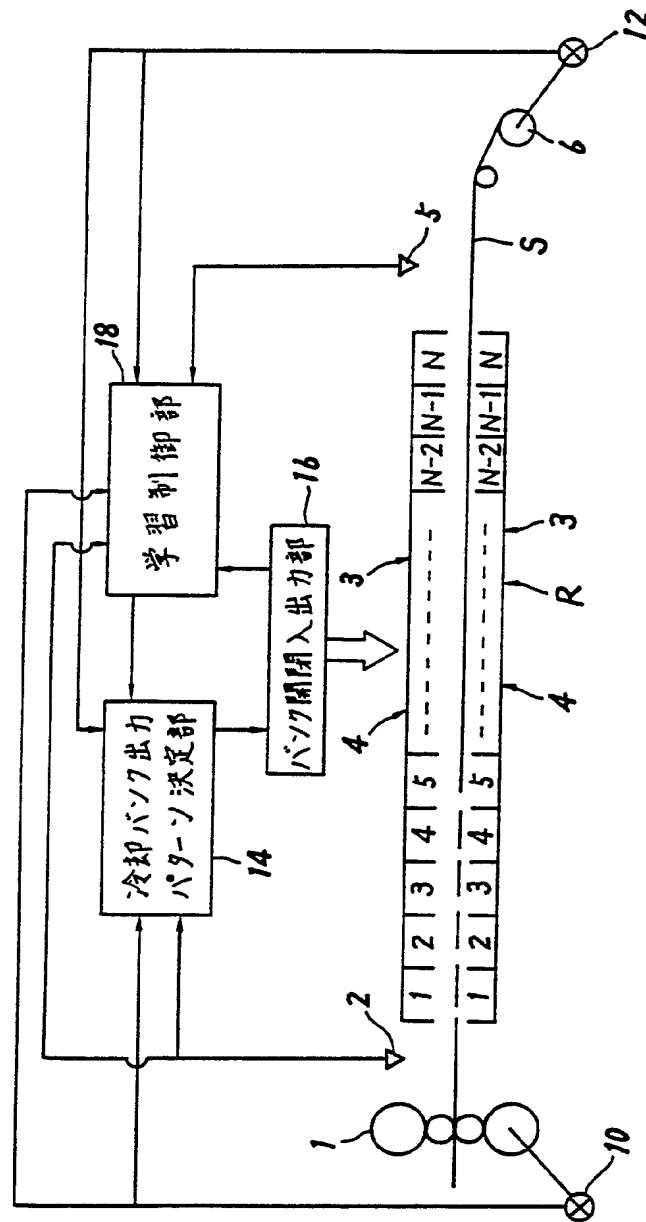
7. 請求項2において、前記冷却設備の冷却能力を、冷却実績、鋼材の搬送速度及び検出温度に応じて学習することを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

8. 請求項1において、前記冷却量を元に各冷却バンクの注水量及び／又はバンクの稼動数を変化させて冷却することを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

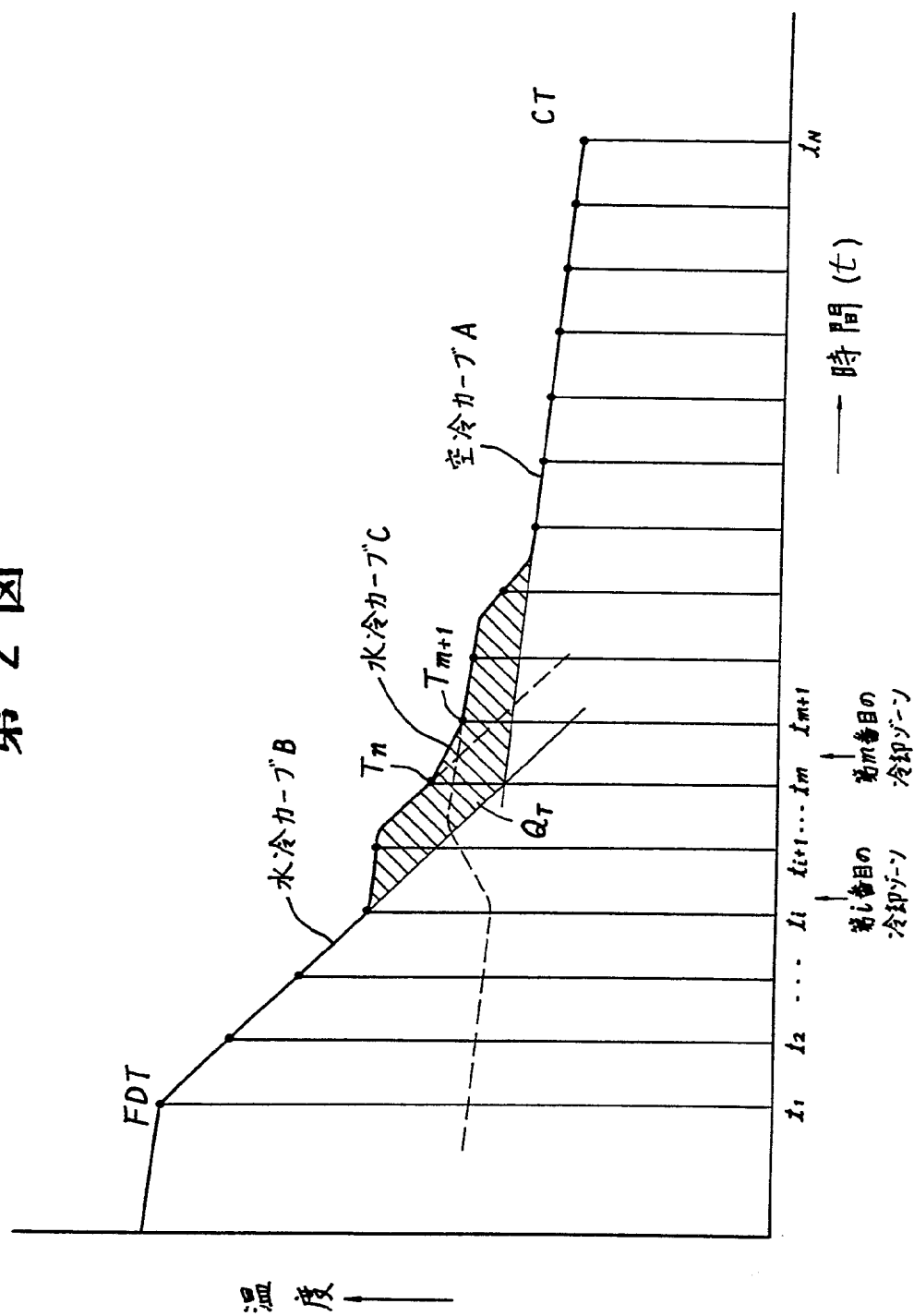
9. 請求項8において、入側温度、出側温度に基づく冷却カーブの組合せから各温度カーブに従って、水冷、空冷の組合せから成る冷却制御を行い、両冷却カーブの交点のある冷却ゾーンにおいて注水する冷却バンク数を変化させ、両冷却カーブを結ぶ冷却カーブに応じて冷却することを特徴とする鋼材の冷却制御方法。

1/6

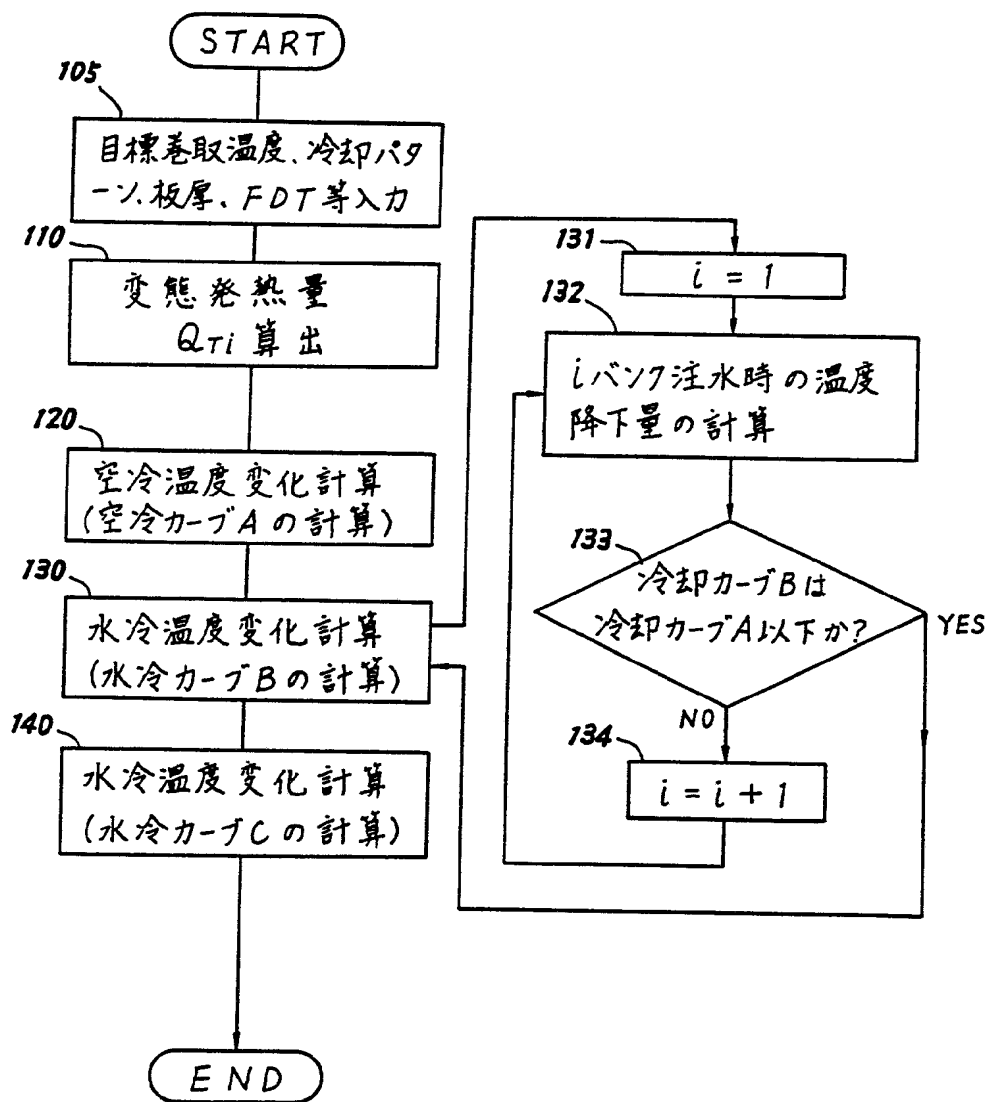
第 1 図



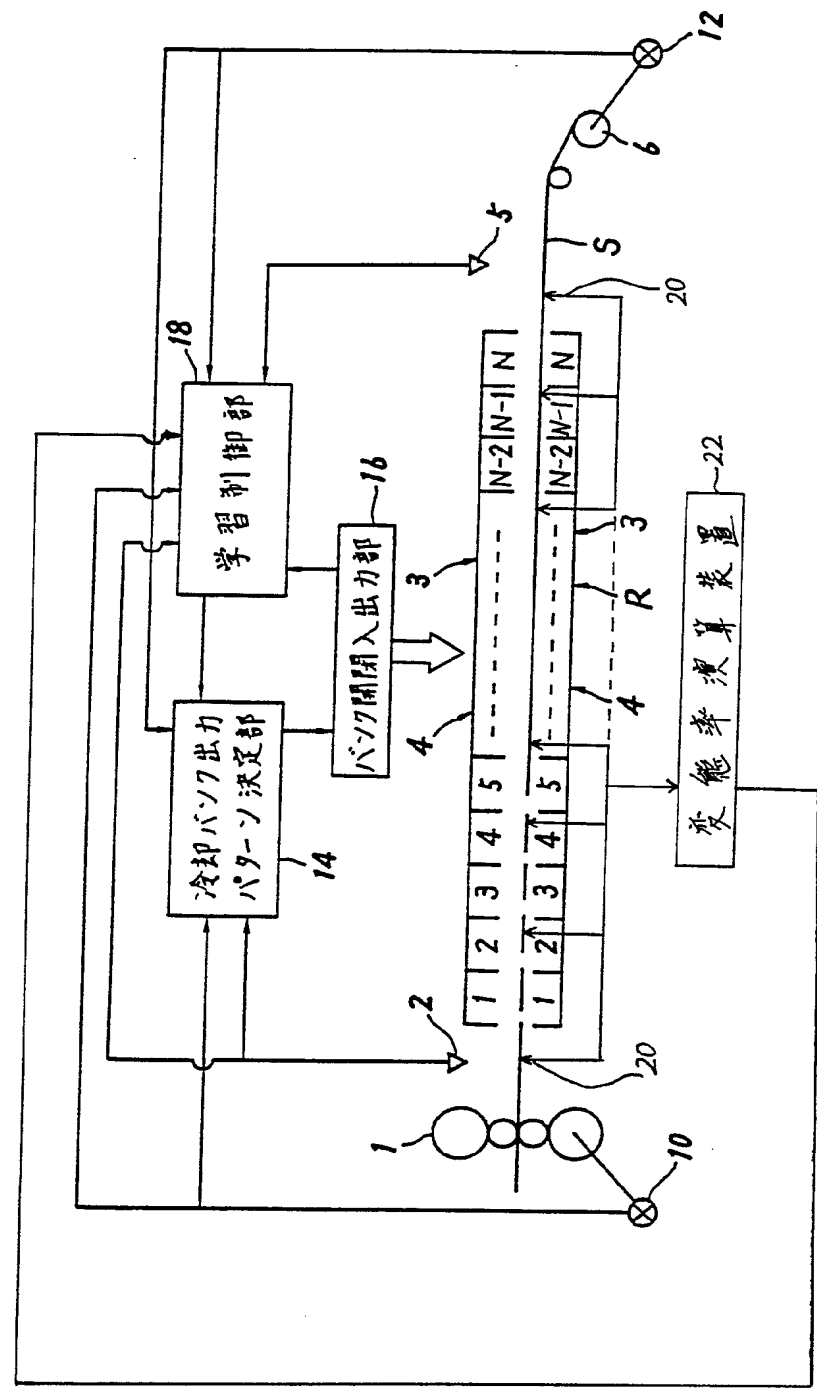
第 2 図



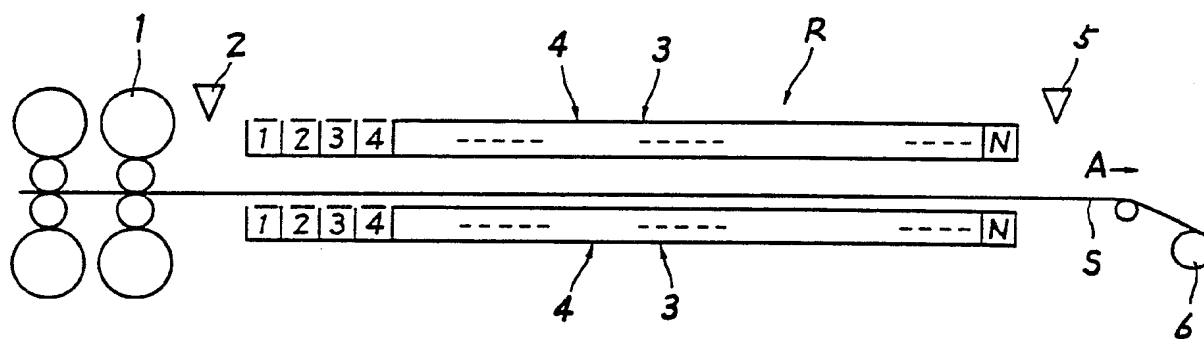
第 3 図



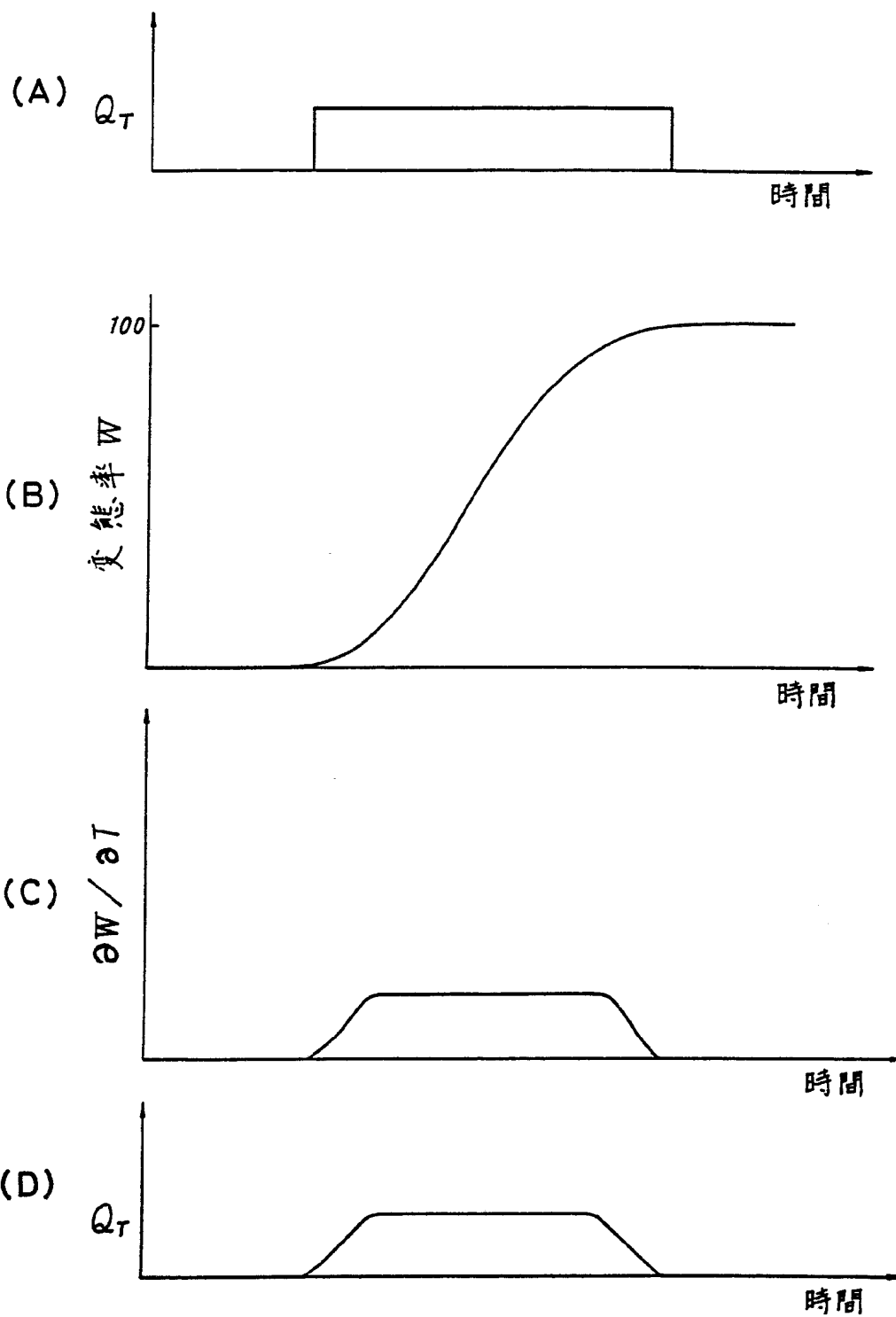
第 4 図



第 5 図



第 6 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP89/00603

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl ⁴ C21D8/02, 8/06, 9/52, 11/00, B21B45/02		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
IPC	C21D8/02, 8/06, 9/52, 11/00, B21B45/02	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1989 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1989 </div>		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	JP, A, 61-110723 (Kawasaki Steel Corporation) 29 May 1986 (29. 05. 86) (Family : none)	1 - 9
A	JP, A, 61-266524 (Kawasaki Steel Corporation) 26 November 1986 (26. 11. 86) (Family : none)	1 - 9
<div style="display: flex;"> <div style="width: 50%;"> <p>¹⁰ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
August 28, 1989 (28. 08. 89)		September 11, 1989 (11. 09. 89)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
Japanese Patent Office		

国 際 調 査 報 告

国際出願番号PCT/JP 89/ 00603

I. 発明の属する分野の分類		
国際特許分類 (IPC) Int. Cl. C 21 D 8 / 0 2 , 8 / 0 6 , 9 / 5 2 , 1 1 / 0 0 , B 2 1 B 4 5 / 0 2		
II. 国際調査を行った分野		
調 査 を 行 っ た 最 小 限 資 料		
分 類 体 系	分 類 記 号	
I P O	C 2 1 D 8 / 0 2 , 8 / 0 6 , 9 / 5 2 , 1 1 / 0 0 , B 2 1 B 4 5 / 0 2	
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの		
日本国実用新案公報 1926-1989年 日本国公開実用新案公報 1971-1989年		
III. 関連する技術に関する文献		
引用文献の ※ カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	請求の範囲の番号
A	J P , A , 6 1 - 1 1 0 7 2 3 (川 崎 製 鉄 株 式 会 社) , 2 9 . 5 月 . 1 9 8 6 (2 9 . 0 5 . 8 6) (フ ェ ミ リ ー な し)	1 - 9
A	J P , A , 6 1 - 2 6 6 5 2 4 (川 崎 製 鉄 株 式 会 社) , 2 6 . 1 1 月 . 1 9 8 6 (2 6 . 1 1 . 8 6) (フ ェ ミ リ ー な し)	1 - 9
※引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日の後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリーの文献		
IV. 認 証		
国際調査を完了した日 2 8 . 0 8 . 8 9	国際調査報告の発送日 1 1 . 0 9 . 8 9	
国際調査機関 日 本 国 特 許 庁 (I S A / J P)	権限のある職員 特許庁審査官 平 塚 義 三	4 K 7 3 7 1